فرآیند کارشناسی و اصالت‌سنجی آثار موزه‌ای

برمبنای مطالعات غیرمخرب در مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد

محسن قانونی

دکتری پژوهش هنر، گرایش مرمت آثار تاریخی،

ادارهٔ مرمت، موسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد

یاسین صدقی

دانشجوی دکتری مرمت آثار و اشیای تاریخی-فرهنگی،

ادارهٔ مرمت، موسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد

مقدمه

اهمیت بسیار و گسترش روزافزون رشتهٔ حفظ و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی و پیوند روزانهٔ آن با دیگر حوزه‌ها و شاخه‌های علمی و پیچیده‌ترشدن آن، همواره این دانش تخصصی را با چالش‌های جدید روبه‌رو می‌کند. در این بین نیاز است تا این حوزه در عصر حاضر پیوند خود را با تمامی علوم حفظ و به‌روز رسانی نماید. امروزه شاهد گسترش رو به جلوی مباحث محافظتی و مطالعه، آزمایش و کشف روش‌ها و مواد جدیدِ مورد استفاده در فرآیندهای مرمت هستیم. در این بین ابزارها و روش‌های پیشرفتهٔ مدرن می‌توانند به حفظ اموال فرهنگی کمک کنند. ممکن است در حین بررسی و مطالعهٔ علمی برخی از آثار تاریخی و هنری و اشیاء باستان‌شناختی، امکان نمونه‌برداری وجود نداشته باشد؛ به‌ویژه اینکه در مطالعات حفاظت و مرمت مدرن نیاز فزاینده‌ای به تحقیقات غیرمخرب برای جلوگیری از نمونه‌برداری اشیاء مشاهده می‌شود (Klisińska-Kopacz, 2015). برداشت نمونهٔ مطالعاتی از آثار تاریخی و فرهنگی همواره یکی از چالش‌های موجود در این رشته بوده است و درحال‌حاضر باتوجه به پیشرفت‌های موجود در روش‌های علمی و آزمایشگاهی، روش‌های مخرب تا حدودی منسوخ شده‌اند و باید جای خودشان را به روش‌های غیرمخرب و یا نیمه‌مخرب بدهند. از آنجایی‌که وظیفه علم حفاظت از یک اثر تاریخی و به تبع آن مطالعات و فعالیت‌های مرمت‌گر/ حفاظت‌گر باید به حفظ و نگهداری از اثر منتهی شود، این مهم که اجازه نمونه‌برداری مخرب، در چه صورت ممکن خواهد بود باید بسیار قابل توجیه و در راستای اهداف آن باشد. درغیراین‌صورت برداشت نمونه منجر به صدمه و حذف بخشی از اثر خواهد شد که دیگر قابلیت برگشت به وضعیت پیشین خود را نخواهد داشت. بنابراین بسیار مهم است تا آزمایشگاه‌های باستان‌سنجی و مرمت آثار تاریخی و نیز پژوهشگران مؤسسات مختلف به چنین موضوعی توجه کافی داشته باشند. در راستای مباحث مطرح‌شده در سطور فوق، نویسندگان سعی نموده‌اند با معرفی روش‌های مختلف آنالیز دستگاهی یک اثر، به مثال‌های عینی و نتایج حاصل از آن اشاره نمایند و در نهایت روش‌های کمینه‌گرا، متشکل بر مطالعات غیرمخرب در حوزهٔ میراث فرهنگی را که بر روی آثار مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد به‌کار رفته‌اند، معرفی و بررسی نمایند.

۱- آنالیز غیرمخرب در مطالعات میراث فرهنگی

از منظر فلسفی، تمامی آنالیزها مخرب محسوب می‌شوند. به‌وسیلهٔ مشاهده، تغییرات، جابه‌جایی، بافت‌زدایی، آماده‌سازی، نمونه‌برداری و در آخر به‌کارگیری آنها نیز می‌تواند این موضوع را به حقیقت تبدیل نماید. از طرف دیگر، در این بین درجات معقولی نیز وجود دارد که ممکن است در برخی از فرآیندها و تداخلات، هیچ‌گونه اثری از خود باقی نگذارند یا اینکه در نهایت می‌توان آنها را نادیده گرفت و از تأثیرات آنها چشم‌پوشی کرد. همچنین باید به این نکته اساسی اشاره نمود که برخی از فرآیندهای آنالیزهای دستگاهی مانند رویکردهای مختلف میکروسکوپی از نظر تئوری خود مخرب محسوب نمی‌شوند، امّا ممکن است نیازمند آماده‌سازی باشند که اساساً با یکپارچگی یا ظاهر اثر تداخل داشته باشند و آماده‌سازی آنها مخرب باشد. مثال‌هایی که می‌توان در این باب بیان کرد عبارت‌اند از: برش‌های ایجادشده برای مقاطع نازک میکروسکوپی، پوشش کربن و طلا در میکروسکوپ الکترونی روبشی و آنالیزهای مرتبط با آن و برش نمونه برای قرار دادن در محفظه دستگاه که باعث شکسته‌شدن نمونه و تخریب و یا تداخل در آن می‌شود (Biró, 2005). موارد ذکر شدهٔ فوق، چند مثال از صدها مورد می‌تواند باشد. اساساً در روش‌های کلاسیک و مخرب که امروزه به‌طور گسترده‌ای در مطالعات علمی و پژوهش‌های حفاظت و باستان‌سنجی در ایران در حال انجام است، برای رسیدن به اهداف آنالیزهای تعیین‌شده، نیازمند نمونه‌برداری از اثر باارزش تاریخی و هنری خواهیم بود. از این‌روست که سؤال مطرح‌شده این خواهد بود که نمونه‌برداری‌های مخرب و یا نیمه‌مخرب چه تناسب و توافق‌هایی با مبانی فکری حفاظت و مرمت آثار تاریخی می‌توانند داشته باشند.

مطالعات مدرن و علمی بر روی اشیاء و مواد باارزش تاریخی یا فرهنگی، معمولاً شامل استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف به‌منظور استخراج اطلاعات عینی از این مواد است. این آثار اغلب از نظر طبیعی منحصربه‌فرد هستند؛ همانند نقاشی‌ها، مجسمه‌ها، آثار کاربردی فلزی با اشکال و ابعاد مختلف، شیشه، چوب، سنگ، سرامیک‌ها و غیره. این آثار می‌توانند بدون تزیین، دارای تزیینات رنگی مختلفی باشند یا اینکه می‌توانند به‌خوبی حفظ شده باشند یا بالعکس، در حال زوال جدی باشند. در بسیاری از موارد این استخراج اطلاعات از آثار فوق- همانند به‌دست آوردن اطلاعات دربارهٔ عناصر اصلی تا کم‌مقدار در یک اثر- می‌توانند مقدماتی‌ترین نوع اطلاعاتی باشند که مورد نیاز است امّا این اطلاعات می‌تواند بسیار مفید و تأثیرگذار باشند. مطالعات علمی ممکن است در راستای مطالعات فن‌شناسی و تکنولوژی تولید آثار فوق باشند. این روش‌های علمی همچنین ممکن است به‌منظور ارزیابی وضعیت حفاظت از یک

مادّه یا اثر خاص یا برای انتخاب مناسب‌ترین ابزار و روش حفاظت یا مرمت استفاده شود. علاوه‌بر این، آثاری که تحت درمان مرمت قرار گرفته‌اند ممکن است برای تشخیص مواد اصیل از مواد افزودنی یا ارزیابی اثربخشی درمان‌های مرمتی گذشته و... بررسی شوند. درنهایت باید اضافه کرد که این روش‌های آنالیز علمی می‌تواند برای تأیید (بیشتر) عینی اشیاء تاریخی و هنری باارزش استفاده شود (Janssens et al; 2000). از سوی دیگر یک پژوهشگر حفاظت و مرمت علاوه‌بر توجه به میزان تخریبِ روش‌های آنالیز، می‌بایست به این نکته توجه نماید که آنالیز مورد استفاده چه میزان از سطح و عمق شئ را درگیر مینماید. هرکدام از این روش‌ها ممکن است برای به ثمر رسیدن آنالیز، به سطح، سطح با عمق کم یا کل حجم اثر نیاز داشته باشد (Leucci, 2019). همچنین انتظار می‌رود که تمامی تداخلات و نمونه‌برداری‌ها به وضوح مستند و ثبت شوند. برخی از روش‌های آنالیز و بررسی نیز وجود دارند که به مقدار بسیار اندک نیازمند نمونه هستند. بااین‌حال، این سؤال پیش می‌آید که اندازهٔ بسیار کم و کوچک از نمونه ممکن است بر نتایج حاصل و نتیجه‌گیری‌های ما تأثیر منفی بگذارد. آیا نمونه‌های کافی برداشت‌شده، می‌تواند نمایندهٔ کلِ اثر باشد؟ آیا کافیست؟ و نماینده برای چه چیزی بوده است؟ در پاسخ به این مهم باید ذکر شود، که نگاه مرمت‌گر محقق به مسئله، باید هدف محور باشد و خودخواهانه تصمیم‌گیری نکند و مسئلهٔ نمونه‌برداری و آنالیز از اثر را می بایست براساس اهداف تعیین شده که در راستای حفاظت از شئ خواهد بود، در نظر بگیرد. اما اگر صرفاً و بدون تعیین هدف و براساس حقیقت موجود عمل نماید و نمونه‌برداری کند آن‌وقت است که مسئلهٔ نمونه‌برداری و استفاده از آنالیزهای مخرب می‌تواند ضربهٔ بزرگی به اثر و در نهایت مقولهٔ حفاظت از اثر وارد آورد (شکل۱).

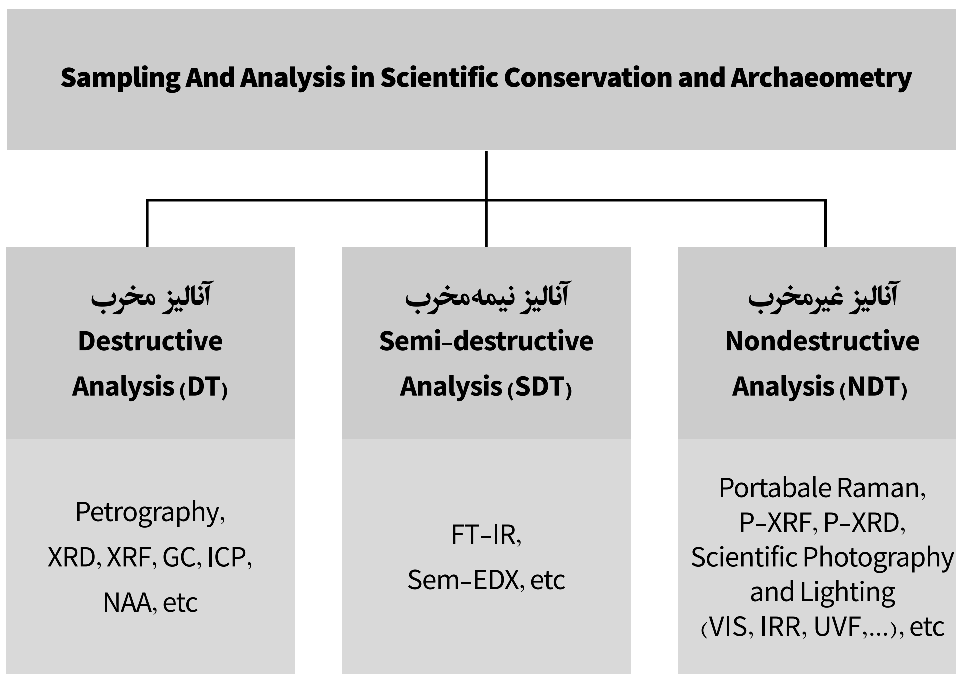
مسئلهٔ نمونهٔ مطالعاتی و برداشت نمونه یا استفاده از روش‌های غیرمخرب در دو حوزهٔ حفاظت از آثار تاریخی و باستان‌شناسی دو مقولهٔ جداگانه محسوب می‌شوند. این مسئله در باستان‌شناسی بسیار ساده‌تر بوده و در جامعه باستان‌شناسی موضوع نمونه‌برداری و نمونهٔ مطالعاتی تقریباً حل شده است. نمونهٔ مطالعاتی در باستان‌شناسی، نمونه‌های غیرموزه‌ای و ناسالمی که صرفاً کاربرد مطالعاتی دارند، درنظر گرفته می‌شوند. مانند قطعات شکسته و خردشدهٔ سفال‌های تاریخی که به‌وفور در کاوش‌های باستان‌شناسی یافت می‌شوند. اما این مقوله در حوزهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی بسیار پیچیده‌تر است؛ چراکه اکثراً مرمت‌گران آثار تاریخی با نمونه‌های سالم، موزه‌ای و ارزشمندی به‌طور مستقیم در ارتباط‌اند و مسئلهٔ نمونه‌برداری و استفاده از روش‌های مخرب فرآیندی بسیار پرچالش و حساسیت‌برانگیز است. از سویی دیگر هر قطعهٔ یک شئ ولو بخشی نامعلوم از یک سفال باستانی یا تکه‌ای از سنگ یا ستون بنای تاریخی نامشخص برای مرمت‌گران به‌مثابه یک سند تاریخی انگاشته می‌شوند. براساس مبانی نظری مرمت نحوه برخورد با یک سند تاریخی ولو دارای ارزش‌های هنری پایین می‌تواند دارای داده‌های تاریخی و فرهنگی بالایی باشد و مستلزم حفاظت و نگهداری است. پس با رویکرد حفاظت

نمی‌توان حکم به برداشـت بخش و یا کل آن قطعه به‌منظور مطالعه آن در حوزه علم حفاظت داد. براین اساس پیشنهاد می‌شود که در حفاظت علمی باید مقولهٔ روش‌های آنالیز غیرمخرب را مدنظر قرار داد تا به شئ آسیبی وارد نگردد.

آنالیزهـای شناسـایی مـواد تاریخـی را براسـاس نـوع نمونـهٔ مطالعاتـی مـورد نیـاز می‌تـوان بـه سـه دسـتهٔ غیرمخرب، نیمه‌مخرب و مخرب تقسـیم‌بندی کرد. آزمایش‌های مخرب، مسـتلزم نمونه‌برداری‌های متعـدد از آثـار اسـت کـه معمـولاً در آثـار و بناهـای تاریخی و میراثـی غیرقابل قبـول اسـت. به‌همین منظور اسـتانداردها و اصـول موجـود، در ابتـدا، اسـتفاده از روش‌هـای غیرمخـرب و نیمه‌مخـرب را توصیه می‌کند



شـکل۱. نحوهٔ نمونه‌برداری مخرب و برداشـت نمونه از سـکهٔ تاریخی و پر کردن کمبود با رزین، این عمل متأسفانه توسط برخی از پژوهشگران حوزهٔ حفاظت انجام شده است، که توسط نویسندگان این پژوهش مورد نقد جدی قرار گرفته و طرحی از آن ارائه شـده است (مأخذ: ویرایش و طرح از نگارندگان)



شکل۲. سه نوع راهبرد پیشروی در مطالعات علمی و آنالیز نمونه‌های تاریخی و فرهنگی

(Jaskowska and Przesmycka, 2020). استفاده از چنین آزمایش‌هایی نیازمند نمونه‌برداری مخرب و درنهایت آسیب به شئ می‌شود. در چنین شرایطی استفاده از روش‌های مؤثرتر و کمتر تهاجمی، همچون روش‌های نیمه‌مخرب. یعنی روش‌های آزمایش با تخریب کم. توصیه می‌شود (Kloiber et al, 2015). روش نیمه‌مخرب به روش‌هایی اطلاق می‌شود که نیازمند نمونۀ بسیار اندک، در حد چند گرم، است و در آنها کارایی، فرم و یکپارچگی اثر بدون تغییر یا از بین‌رفتن اثر خواهد بود. اما استفاده از روش‌های غیرمخرب (بدون نمونه‌برداری) در مطالعات حفاظت و باستان‌سنجی بسیار توصیه می‌گردد که امکان تجزیه و تحلیل انواع مختلف اشیاء را فراهم می‌کند تا یکپارچگی آنها حفظ شوند. روش‌های مختلفی برای این منظور وجود دارد. همۀ این تکنیک‌ها در کنار یکدیگر به‌منظور ارائۀ اطلاعات ارزشمند در مورد ترکیب عنصری و ساختاری و همچنین وضعیت حفاظت و در برخی موارد در مورد فرآیندهای خلاقانه انجام‌شده توسط هنرمندان در آثار مناسب هستند (شکل۲) (Rizzutto et al, 2015).

۲- فرآیند کارشناسی و اصالت‌سنجی آثار در مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد

یکی از مهم‌ترین پروژه‌های تعریف‌شده و فرآیندهای اجرایی که از گذشته شروع شده و تاکنون ادامه دارد، کارشناسی و اصالت‌سنجی آثار موجود در خزانه‌های مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد است. بخش اصالت‌سنجی و فرآیندهای مرتبط با آن در سال‌های اخیر باتوجه به راه‌اندازی ادارهٔ مرمت به مجموعه فعالیت‌های کارشناسی افزوده شده و در حال پیگیری از طرق گوناگون است. فرآیند کارشناسی و اصالت‌سنجی مجموعه آثار موجود در مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد را می‌توان به سه بخش مطالعهٔ تاریخی و پیشینه‌ای اثر، بررسی‌های آزمایشگاهی و فن‌شناسی با استفاده از آنالیزهای مختلف و به‌کارگیری کارشناسان خبره تقسیم‌بندی کرد. بخش مهمی از فرآیندهای مطالعات، شناخت پیشینه و تاریخچهٔ آثار مورد مطالعه است. در بررسی آثاری که فاقد پیشینه و تاریخچهٔ معینی بوده‌اند مطالعات تاریخی انجام شده تا با به‌دست آوردن پیشینه و گذشتهٔ اثر بتوان به شناخت کاملی از اثر رسید. استفاده از منابع



شکل۳. کارشناسی و بررسی آثار موزه‌ای توسط کارشناسان خبره (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد)

کتابخانه‌ای و اسنادی، یکی از مهم‌ترین بخش‌های انجام‌شده توسط تیم ادارۀ مرمت و پژوهش است که باعث شده تا برخی از اطلاعات تاریخچه‌ای و اطلاعات پنهان آثار مشخص شوند. این فرآیند از مجموعه امور و فعالیت‌های جاری در بررسی آثار است.

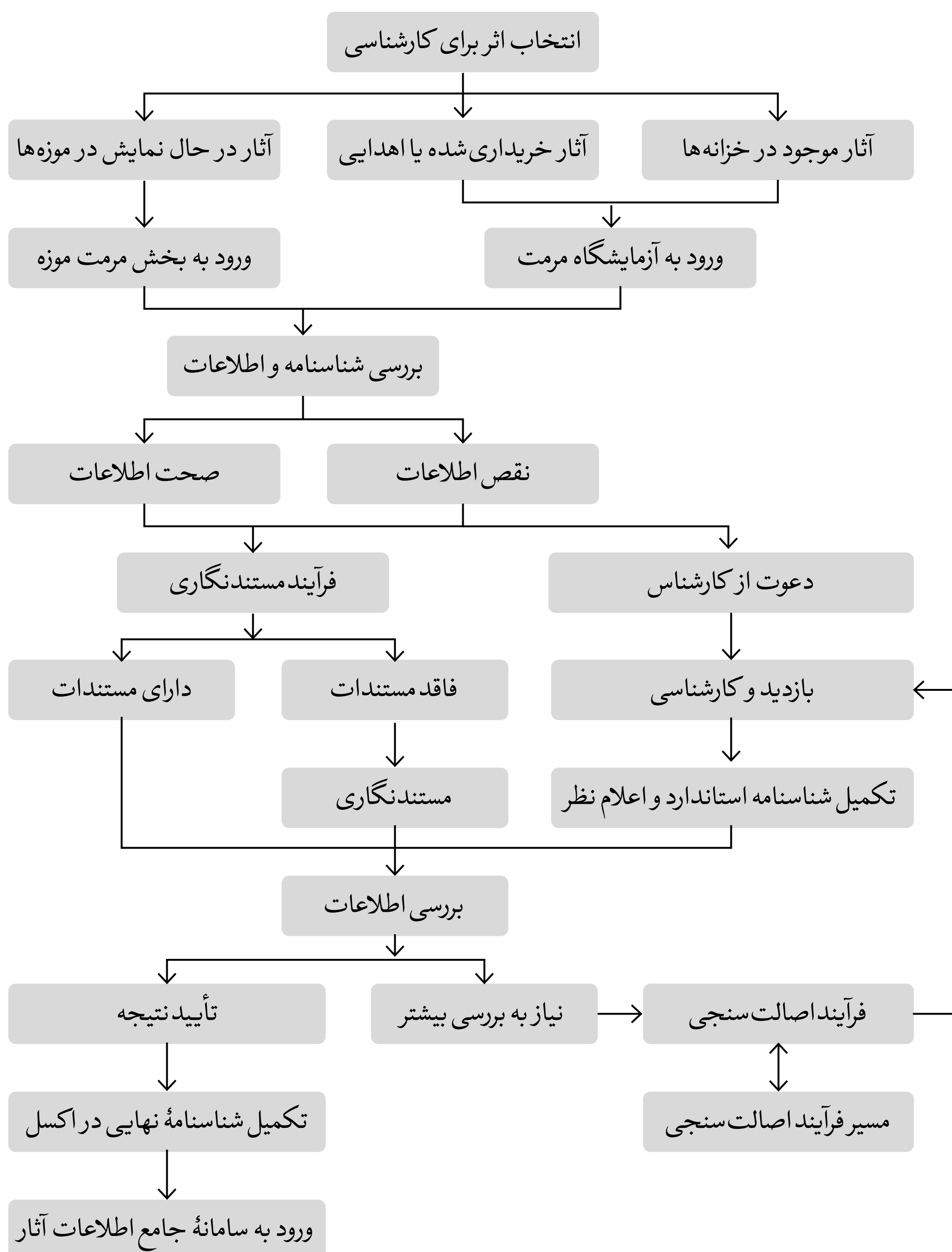
یکی دیگر از مهم‌ترین جنبه‌های بررسی آثار موجود در مجموعه، استفاده از کارشناسی‌ها، نظرات و بررسی‌های کارشناسان خبرۀ علمی و دانشگاهی است. مجموعه‌ای از آثار توسط کارشناسان منتخب، کارشناسی و نظرات آنها در رابطه با آثار توسط ایشان در شناسنامه‌های تعیین‌شده برای ثبت اطلاعات آثار، ثبت و به نگارش درآمده است (شکل ۳ و ۴).

استفاده از روش‌های آزمایشگاهی و دستگاهی یکی دیگر از شیوه‌های تعیین‌شده برای بررسی و مطالعه آثار است. این روش به‌ویژه برای آثاری که مشکوک به جعل هستند و نیاز به بررسی بیشتر دارند و یا از اهمیت بسیار بالایی برخوردارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهم‌ترین جنبۀ استفاده از این روش‌ها



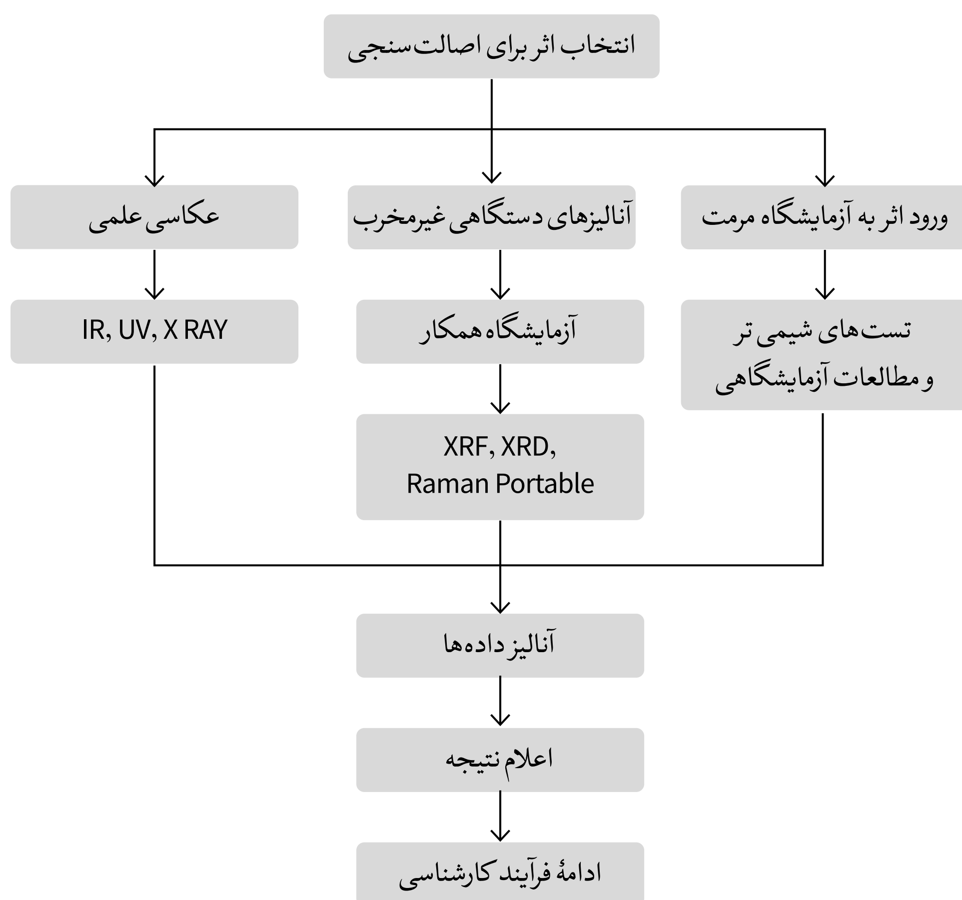


شکل ۴. کارشناسی و بررسی آثار موزه‌ای توسط کارشناسان خبره (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد)



شکل۵. نمودار فرآیند کارشناسی و اصالت‌سنجی آثار موزه‌ای در مؤسسۀ فرهنگی موزه‌های بنیاد

در مطالعهٔ آثار، غیرمخرب بودن و آنالیز در محل بوده است. در تمامی مراحل فوق، فرآیندهای اجرایی و مراحل تعیین‌شده‌ای وجود داشته که هرکدام از آنها ممکن است نیازمند عبور از مسیرهای مختلف باشد؛ از این جهت نمودار فرآیندهای اجرایی در مؤسسه طبق نمودارهای زیر (شکل۵ و ۶) تعریف و بیان شده‌اند. این نمودارها گویای مسیر حرکت فرآیندها تا نیل به هدف خود نیز هستند. در این بیان توجه به این نکته قابل توجه است، دو رویکرد کارشناسی نسبی و متقن در قبال آثار در نظر گرفته



شکل۶. نمودار فرآیند اصالت‌سنجی آثار موزه‌ای در مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد

می‌شـود. عموماً روش‌های مطالعهٔ کتابخانه‌ای و کارشناسـی با حضور اسـاتید و کارشناسان خبره منجر به فرآیند کارشناسـی نسـبی آثار می‌شـود. اما در روش‌های آنالیز غیرمخرب دسـتگاهی پس از تدقیق داده‌ها و بررسـی‌های علمـی صورت‌گرفتـه بر روی آثار نتایج متقـن در قبال آثار تاریخی و هنری اخـذ و بازتاب داده می‌شود. این مهم نیازمند بررسی‌های زمان‌بر بسیار پیچیده بوده که می‌تواند در خلال یا پس از مراحل دیگر انجام شود (شکل۵ و ۶).

۳- پژوهش‌های صورت گرفته براساس آنالیزهای غیرمخرب

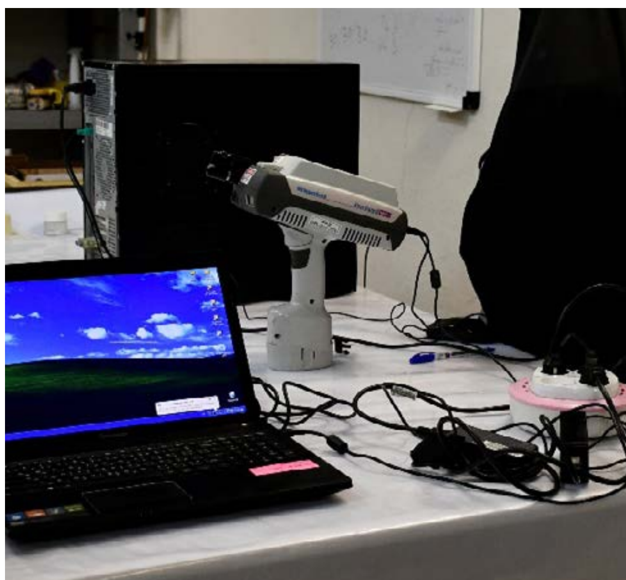
در سـال‌های اخیـر به‌ویـژه در ایـران تحقیقـات علمـی در حوزه میـراث فرهنگی به‌ویـژه در آثـار موجود در موزه‌ها و مراکز نگهداری و کتابخانه‌ها رشـد بسـیار چشم‌گیری داشته اسـت. در حال حاضر چندین گروه باستان‌سنجی و حفاظت و مرمت علمی با استفاده از روش‌های مختلف و با آزمایشگاه‌های مختلف برای توصیف و تجزیه و تحلیل آثار مذکور در حال تلاش‌اند. استفاده از روش‌های فوق در تمامی مطالعات‌شان قابل مشـاهده اسـت؛ اما آنچه بیشتر به چشم می‌خورد استفاده گسـترده از روش‌های مخرب در مطالعات باستان‌سنجی و حفاظت علمی است. با یک بررسی اجمالی در مقالات منتشر شده، قابل دریافت است که سـهم به‌کارگیری روش‌های مخرب و نیمه‌مخرب بسـیار زیاد اسـت؛ این نکته بسیار حائز اهمیت بوده و نشان از عدم توجه پژوهشگران حوزهٔ حفاظت به این مقوله است. حتی در بسیاری از مقالات منتشرشده که برگرفته از پژوهش‌های حفاظت و مرمت علمی است این موضوع به‌چشم می‌خورد که بسیاری از نمونه‌های مطالعاتی سالم و موزه‌ای محسوب می‌شوند، امّا به طرق مختلف نمونه برداشت و به یکپارچگی اثر خدشه وارد شده است. (شکل۱)

آنچه می‌توان به‌عنوان رویکرد مؤسسـهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد در این خصوص دانسـت توجه جدی به بحث نمایش آثار تاریخی و هنری و کاربسـت روش‌های آنالیز دسـتگاهی غیرمخرب در قبال آثار خود اسـت. به‌همین‌منظـور، در ایـن بخـش، پژوهش‌های مـوردی و روش‌های انجام‌شـده درخصـوص برخی از آثار معرفی و بررسـی می‌شـوند. رویکرد غیرمخـرب آنالیز و روش‌های به‌کارگیـری در حوزه مرمت و حفاظت از آثـار، شـاکلهٔ اصلـی تحقیقات و فرآیندهـای کار در پروژه‌های اجرایی بوده اسـت؛ روش‌های غیرمخرب کـه مبتنـی بر آزمایـش اثر به‌صورت پرتابل و آنالیز در محل بوده اسـت، تا معضـل جابه‌جایی و بحث‌های حفاظتی و امنیتی آثار را نیز بتوان حل نمود.

۳-۱- طیف‌سنجی رامان پرتابل (Portable-Raman Spectroscopy)

طیف‌سنجی رامان به‌عنوان یک ابزار و تکنیک مناسب برای شناسایی و توصیف ترکیب مواد اشیاء هنری و تاریخی درنظر گرفته می‌شود (Łydżba-Kopczyńska and Madariaga, 2016). این روش کاربردهای گسترده‌ای ازجمله برای شناسایی رنگ‌های به‌کاررفته در دست‌نوشته‌ها، نگارگری‌ها، نقاشی‌های دیواری و لایه‌های بستر و غیره دارد. حتی با استفاده از این روش می‌توان به ساختار مواد به‌کار رفته در فرآیند شناسایی مواد و تکنولوژی ساخت آثار تاریخی و هنری و همچنین ناپایداری مواد و فرآیند فرسایش در مطالعات حفاظت و مرمت بهره جست. طیف‌سنجی رامان یک تکنیک طیف‌سنجی ارتعاشی است که به تجزیه و تحلیل طول‌موج تابشی لیزر بستگی دارد. الگوی طول‌موج تابش‌شده مشخصهٔ ترکیب مولکولی مادهٔ مورد مطالعه است و از این نظر طیف رامان مکمل مادون قرمز است (Rosalie David et al, 2001). تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از فرآیند آنالیز با استفاده از این روش، پیچیدگی‌ها و چالش‌های ویژه‌ای داشته که نیازمند همکاری با متخصصان حوزهٔ مذکور است. به همین دلیل بسیاری از پژوهشگران داخلی حوزهٔ حفاظت و باستان‌سنجی کمتر به سراغ این روش تحلیلی رفته‌اند و متأسفانه مهجور مانده است.

در بررسی‌های صورت گرفته با استفاده از این روش در مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد، آثاری از جمله نقاشی روی کرباس، نگارگری، خوشنویسی، پارشمن‌ها، شیشه و سفال مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. در



شکل۷. تجهیزات آنالیز رامان پرتابل در موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد).

کل، تعداد آثار مورد آنالیز با استفاده از این روش به تعداد پنجاه اثر می‌رسد. پس از راه‌اندازی و دایرکردن تجهیزات دستگاه رامان در کارگاه مرمت، آثار انتخابی جهت آنالیز مورد بررسی‌های اولیه قرار گرفتند. در فرآیند اصالت‌سنجی آثار در مؤسسهٔ فرهنگی موزه‌های بنیاد تعدادی از آثار که نیازمند بررسی‌های آزمایشگاهی و بررسی صحت اصالت بودند، در ابتدا به دو دستهٔ آثار مواد معدنی و مواد آلی تقسیم شدند سپس مورد آنالیزهای دستگاهی قرارگرفتند (شکل۷).

هدف اصلی از استفادهٔ این روش و آنالیز آثار، بررسی ساختار و ترکیب مواد و نیز اصالت‌سنجی آثار بوده است. به‌همین منظور آثاری که در این بخش آورده شده‌اند نمونه‌هایی هستند که برای شناخت بیشتر در راستای مطالعات اصالت‌سنجی و ترکیب موادشان آزمایش شده‌اند. از جملهٔ مهم‌ترین این آثار باید به نگارگری‌های آزمایش‌شده اشاره کرد. نگارگری‌ها و خوشنویسی‌ها مربوط به دورهٔ تیموری، صفوی، قاجار و پهلوی هستند. یکی از مهم‌ترین این آثار نسخهٔ نگارگری دورهٔ تیموری است که علاوه‌بر آنالیز رامان پرتابل، از روش‌های دیگری که در سطور بعدی به آنها پرداخته می‌شود، بررسی شده است. این اثر نگاره‌ای از یک مجموعه کتاب‌آرایی است که به‌صورت قطعه‌ای مجزا قاب و جدول‌کشی شده است. با توجه به محتوای اثر، احتمالاً این نگاره برگی از «ظفرنامه تیموری» است که به فتوحات امیر تیمور گورکانی اشاره دارد و توسط شرف‌الدین علی یزدی به نگارش درآمده است (شکل۸).

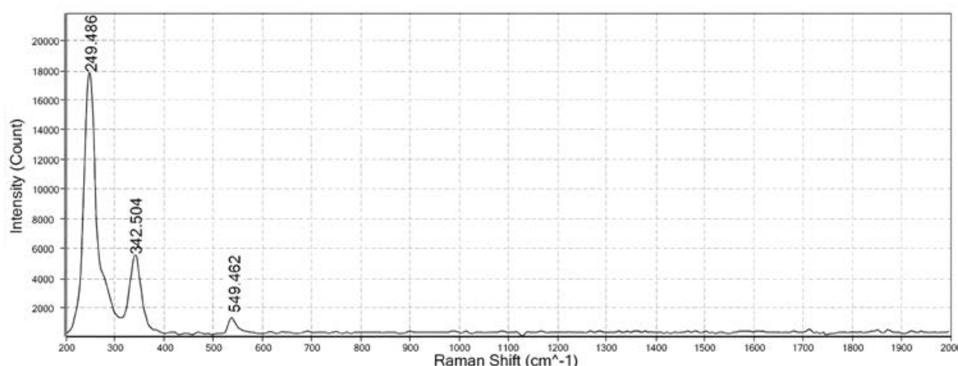
جدول ۱- مشخصات اثر مورد مطالعه

۱	نوع اثر:	**نگارگری**
۲	نام اثر:	**میدان جنگ**
۳	نام خالق:	**نامعلوم**
۴	دوره تاریخی:	**تیموریان / نیمه دوم سده نهم ه.ق.**
۵	مبدا:	**ایران / مکتب شیراز**
۶	تکنیک ساخت:	**آبرنگ روی کاغذ**
۷	طول:	**۴۴٫۵ سانتیمتر**
۸	عرض:	**۳۲٫۴ سانتیمتر**
۹	محل نمایش:	**موزهٔ هنرهای ملی اصفهان**



شکل۸. اثر مورد مطالعه در پژوهش حاضر، نگارگری تیموری، نقاط آنالیز شده با عدد بر روی تصویر مشخص شده است (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد).

در این نگاره، رنگ آبی به‌کار رفته دارای فام‌های مختلفی است که بیشترین کاربرد آن مربوط به دو نوع فام آبی مصرفی است که از آنها آنالیز گرفته شده است. آنالیز رامانِ گرفته‌شده از رنگ آبی، باندهای (۵۳۷-۵۵۴-۶۰۱-۷۴۵-۱۰۵۵-۱۳۱۱-۱۳۹۳ cm^{-1}) را نشان می‌دهد که نشان‌دهندهٔ ترکیب چند نوع رنگدانه در ساخت رنگ آبی است. باندهای شناسایی‌شده نشان‌دهندهٔ نیل، مالاکیت، سفید سرب و سیاه کربن است. در دو نقطه از رنگ قرمزِ اثر آنالیز رامان انجام شده است که هر دو نقطه، دارای طیفی مشابه هم بوده و نقاط یکسانی را نشان می‌دهند. پیک نشان‌داده شده، بیانگر قرمز



شکل۹. طیف رامان از رنگ قرمز مربوط به برگی از یک نگارهٔ احتمالاً متعلق به دورهٔ تیموری

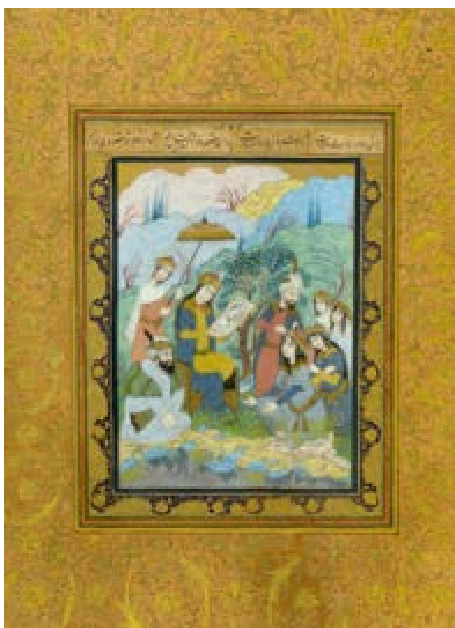
شنگرف (cm^{-1} ۱۲۴۹–۳۴۲) است. پیک ۵۳۷ نشان‌دهندهٔ رنگ طلایی است. باتوجه به اینکه زمینهٔ اثر با رنگ زرد طلایی نقاشی شده است، احتمال حضور باند مربوط به رنگ طلایی در بیشتر طیف‌های آنالیز رامان قابل مشاهده خواهد بود. همچنین پیک مربوط به حضور سفید سرب قابل مشاهده است که عنصر Pb نیز در ترکیب موجود است. در این بین باید به این نکته اشاره نمود که در برخی از آنالیزهای رامان به‌دلیل اینکه نمونهٔ مرجعی برای تطبیق وجود نداشته، محتمل‌ترین نتایج ارائه شده است؛ چراکه کمتر پژوهشگری با استفاده از روش طیف‌سنجی رامان پرتابل با طول موج ۱۰۶۴nm به شناسایی رنگدانه پرداخته است. در یکی دیگر از نقاط که آنالیز رامان گرفته شده است، طیف‌های مربوط به رنگدانهٔ قرمز سرنج نشان داده می‌شود. از این رنگ در رنگ قرمز تزئین لباس‌های سربازان استفاده شده است. آنالیز رامان رنگ سبز نشان‌دهندهٔ باندهای (۲۹۳–۳۴۱–۳۶۳–۳۸۴–۴۵۳–۸۳۶–۹۷۵–۱۰۱۰–۱۲۵۶–۱۲۷۶–۱۲۹۴–۱۳۲۱–۱۳۴۹–۱۳۶۵–۱۴۶۶–۱۵۷۷–۱۶۰۲–۱۶۱۹ cm^{-1}) است. آنالیز رامان رنگ طلایی نشان‌دهندهٔ باندهای (cm^{-1} ۱۶۱۹–۱۳۱۲–۵۵۵–۵۳۷) است. آنالیز رامان رنگ قهوه‌ای نشان‌دهندهٔ باندهای (cm^{-1} ۱۶۰۴–۱۵۸۶–۱۵۲۲–۱۴۸۹–۱۳۴۲–۱۲۹۰–۱۱۲۰–۶۹۹–۵۵۷–۵۳۶) است. این رنگ می‌تواند براساس آزمایش‌های گرفته‌شده ترکیبی از چند نوع رنگدانه همچون سفید سرب، سیاه کربن، گوتیت و زرد لیتارژ باشد (شکل۹).

آنچه درخصوص کاربست روش‌های آنالیز رامان در قبال آثار مجموعه قابل توجه است تهیه یک کتابخانه مستند و قابل ارجاع برای مطالعات تطبیقی بعدی خواهد بود. این کار می‌تواند در آینده به توسعهٔ روش‌های اصالت‌سنجی و تدقیق داده‌های آثار تاریخی و فرهنگی کشور کمک شایانی کند.

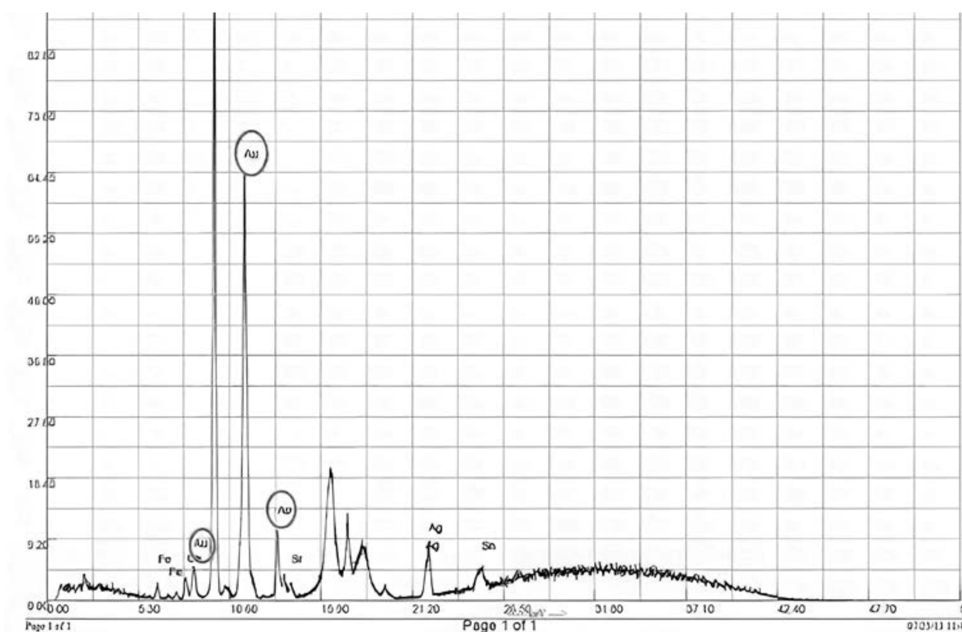
۳-۲- طیف‌سنجی فلورسانس پرتوی ایکس پرتابل (P-XRF)

در طول دو دهۀ گذشته، پژوهشگران حوزه حفاظت و مرمت و باستان‌سنجی از روش طیف‌سنجی فلورسانس پرتوی ایکس پرتابل (P-XRF – hhXRF) به‌دلیل مقرون به صرفه‌بودن و سریع‌بودن روش و نیز غیرمخرب بودن آن استفاده‌های گوناگون و توجه ویژه‌ای به آن داشته‌اند. از این روش برای مطالعۀ بسیاری از آثار همچون سفال، ابسیدین، ابزارهای سنگی، مصالح ساختمانی، نقاشی‌های دیواری و نیز شناسایی رنگدانه‌های تاریخی استفاده کرده‌اند (Wilke, 2017). این روش به فراخور نوع پژوهش و مادّه مورد مطالعه هم می‌تواند تنها به‌کار گرفته شود یا در کنار سایر روش‌های آنالیزِ شناسایی مواد، استفاده و هم‌سنجی گردد. طیف‌سنجی XRF یک تکنیک تحلیلی غیرمخرب است که به‌طور گسترده‌ای در شناسایی عناصر شیمیایی آثار هنری و تاریخی استفاده می‌شود (Longoni, 1998). آنالیز و تجزیه و تحلیل غیرمخرب ترکیبات آثار با P-XRF پتانسیل‌های فراوانی برای پروژه‌های مطالعاتی فراهم می‌کند که به‌طور واقع‌بینانه با آن می‌توان تعداد بی‌شماری نمونه، از چند صد اثر تا چند هزار نمونه را بررسی نمود. پیش‌شرط آنالیز آثار موزه‌ای و هنری، تطبیق‌پذیری و احترام به یکپارچگی مادی اثر به دلایل حفاظتی است (Wilke, 2017)، از این‌رو است که نویسندگان از این روش برای آنالیز عنصری ترکیبات آثار مورد مطالعه در مؤسسه استفاده کرده‌اند. با استفاده از این روش تعداد ۶۰ اثر آنالیز و در مجموع از نقاط مختلف تمامی آثار ۳۵۰ پیک گزارش شده است که در بررسی و اصالت‌سنجی آثار به‌کار گرفته‌اند. به‌طور مثال از رنگدانه‌های استفاده‌شده در تزیینات رنگی یک قطعه نگارگری که تصویر آن در زیر آمده است، آنالیز تهیه شد که مهم‌ترین دلیل تهیه طیف شیمیایی از این اثر و شناختن نوع رنگ طلایی به‌کار رفته در اثر است. گفتنی است که مؤسسۀ فرهنگی موزه‌های بنیاد یک کتابخانه از پیک‌های رنگ‌های طلایی و مرکب‌های خوشنویسی را به منظور تطبیق با نمونه‌های دیگر در دست راه‌اندازی دارد.

اثر موردنظر یک قطعه نگارگری ایرانی دارای زمینه با حاشیۀ پهن با بندهای اسلیمی و گل و برگ خطایی زرنگار محرر و بند زرنگاری است که بر زمینۀ لاجوردی و جداول متعدد منظم انتظام یافته است. متن نگاره، آبرنگ و زر بر روی مقوای نازک دارای جدول‌بندی و حواشی زرنگاری ظریف و کتیبه چهار ستونی تک‌ردیفه به قلم نستعلیق است که کتابت بر فراز نگاره، متن کتیبه ابیاتی از امیرخسرو دهلوی است: «حیاتی ده مرا در جستجویت/ که باشم تا زیم در آرزویت/ بدان مقصود خواهش بخش راهم/ که از تو جز تو مقصودی نخواهم». نگاره متعلق به دورۀ پهلوی و کار استادان مدرسه صنایع قدیمه بوده و نگارگری آن منسوب به حسین بهزاد و تذهیب آن منسوب به استاد میرزاعلی درودی است. براساس نتایج به‌دست آمده از آنالیز، رنگ زرد به‌کارگیری شده در آن







شکل۱۰. آنالیز طیف‌سنجی فلورسانس پرتوی ایکس پرتابل از یک قطعه نگارگری احتمالاً پهلوی (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد)



شکل۱۱. تصویربرداری علمی از یک تابلو در ادارهٔ مرمت موسسه (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد)

از ترکیب رنگدانه‌ی طلا بوده که پیک‌های آن در طیف ارائه شده با رنگ قرمز دورگیری و نشان داده شده است و همچنین این عنصر با عناصر دیگری همچون نقره، مس و آهن ساخته شده است. استفاده از رنگدانه‌های حاوی پودر طلا در این اثر ثابت می‌شود و از طرفی دیگر سه عنصر دیگر شناسایی‌شده مربوط به ناخالصی موجود در ترکیب رنگدانه است که در بسیاری از دوره‌های تاریخی و اسلامی این ترکیب مشاهده شده است. همچنین رنگ سفید شناسایی‌شده دارای سرب به میزان زیادی است که نشان‌دهندهٔ استفاده از سفید سرب است (شکل۱۰).

آنچه می‌تواند مهم باشد دستیابی به خلوص طلایی به‌کار رفته در دوران‌های مختلف تاریخی ایران در حوزه ساخت و خلق آثار تاریخی و هنری است که به مرور و با تهیه نمونه‌های مختلف امکان‌پذیر خواهد بود.

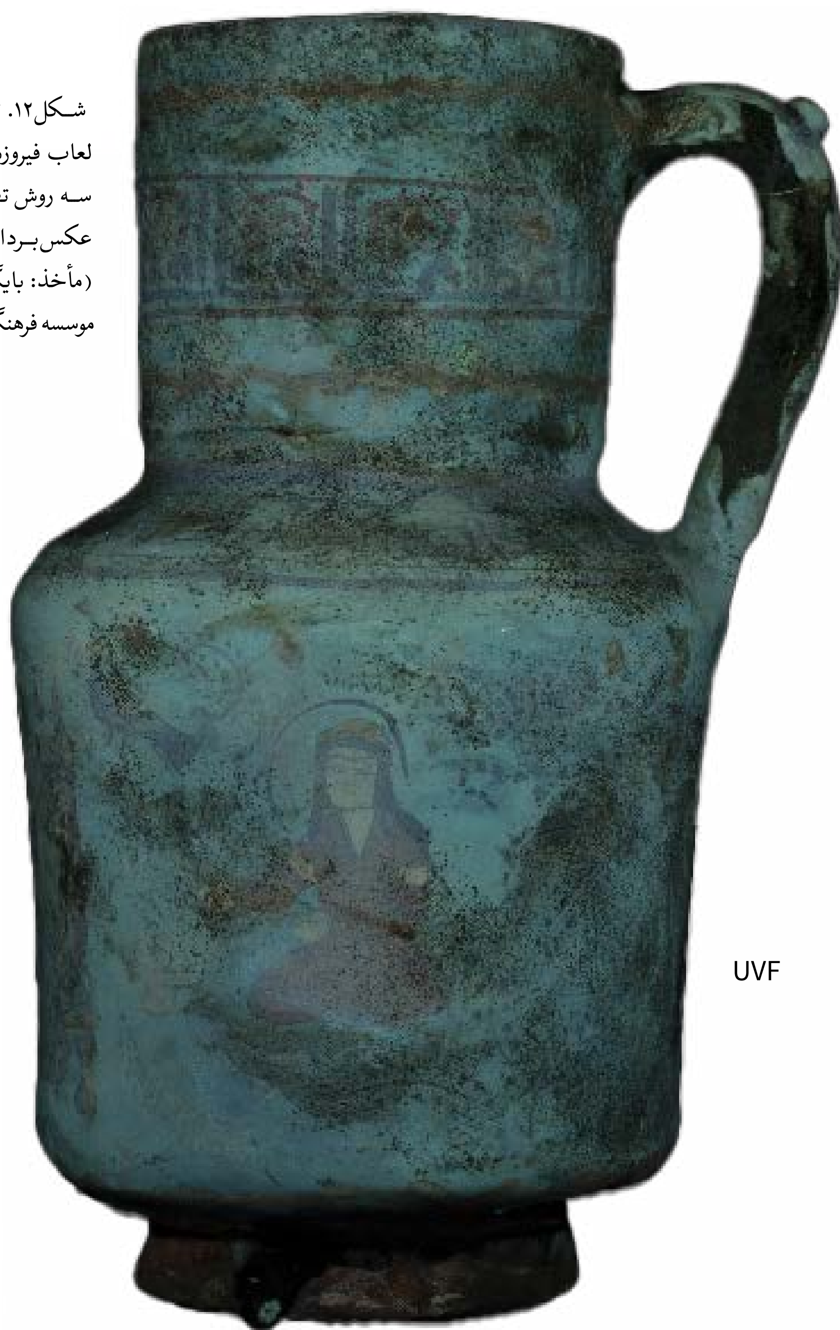
۳-۳- تصویربرداری علمی

تصویربرداری فنی یا به‌عبارتی دیگر نوری، به مجموعه‌ای از تصاویر اصلاح‌شده گفته می‌شود که با دوربین دیجیتال و فیلترهای مخصوص به آن ثبت می‌شود. تصاویر ثبت‌شده باتوجه به اهداف گوناگون نگاهداشت و مرمت آثار تاریخی، می‌توانند کاربردهای مختلفی داشته باشند. هرکدام از این تصاویر در طیف‌های الکترومغناطیسی مختلف مانند ناحیهٔ مادون قرمز، ناحیهٔ مرئی و فرابنفش ثبت می‌شوند و تصاویری با اطلاعات متفاوت به ما ارائه می‌کنند(Pitzalis et al, 2008). از این روش‌ها می‌توان در بسیاری از موارد در بررسی‌های تاریخی بهره گرفت؛ از جمله این موارد می‌توان به بررسی زیررنگی‌ها، رو رنگی‌ها و روتوش‌های موجود در نقاشی‌ها، خوانش طرح‌های پنهان در نقاشی‌های دیواری و دیگر آثار، اسناد باستان‌شناختی و نیز دخالت‌های انجام‌شده در آثار به‌منظور مرمت و حفاظت آن اشاره کرد. همچنین در این روش اطلاعات مفیدی دربارهٔ نوع مواد و رنگدانه‌های به‌کار رفته در ساخت و تزیینات آثار تاریخی و هنری به‌دست می‌آید. در بسیاری از موارد اطلاعات حاصل‌شده از این روش‌ها کیفی بوده و شاید اطلاعات به‌دست آمده کاملاً قطعی نباشند، اما از آنجایی‌که این روش‌ها تقریباً ساده و مقرون به صرفه است، در زمینهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی و هنری بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین استفاده از این روش‌ها را می‌توان به اولین قدم. قبل از انجام سایر روش‌ها. برای شناسایی رنگدانه‌های به‌کار رفته در آثار تلقی نمود (شکل ۱۲ و ۱۳) (Cosentino, 2015).

از این روش‌ها در تصویربرداری و مستندنگاری بسیاری از آثار به‌ویژه آثار نقاشی روی کرباس، نگارگری، خوشنویسی، شیشه و سفال لعابدار و... استفاده شده است. بررسی داده‌های به‌دست آمده از روش‌های فوق (VIS , UVF , IRR) نتایج متفاوتی را برای هر کدام از آثار ارائه نموده که در بررسی اصالت یا جعل آثار، کارشناسی و نیز مطالعهٔ فنی آثار به‌کار گرفته شده‌اند. برای نمونه می‌توان به تصویر صفحهٔ بعد اشاره کرد. در شکل۱۲ یک تنگ لعابدار، با نقاشی زیرلعابی مشاهده می‌شود که از این اثر به سه روش فوق تصویربرداری شده است. با مقایسهٔ دو تصویر UVF و IRR با تصویر VIS به راحتی می‌توان بخش‌های دستکاری‌شده در لعاب رویی را مشاهده نمود. در حالت عادی و با چشم غیرمسلح نمی‌توان به این نتایج دست یافت اما در تصاویر حاصل عکس‌برداری، می‌توان شکستگی‌ها و نقاط اتصال و نیز دستکاری و نقاشی‌شده را دید. در قسمت دسته و شکم تنگ بیشترین میزان دخالت و بازسازی لعاب قابل مشاهده است. در این اثر به‌نظر می‌رسد لعاب زیرین اصیل و لعاب رویی غیراصیل و جدید باشد که توسط شخص جاعل روی آن کار شده است و اصالت اثر را زیر سؤال برده است. از سویی نمی‌توان آن را یک اثر جعلی مطلق قلمداد کرد؛ چراکه اثر در حالت کلی پازلی از تکه‌های اصیل و مربوط به سدهٔ هفتم هجری قمری



VIS



شکل۱۲. تنگ سفالی با لعاب فیروزه‌ای طرح‌دار که با سه روش تصویربرداری نوری عکس‌برداری شده است (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد).



IRR

است ولـی بـه دلیـل میـزان بـالای بازسـازی و دخالـت بیـش از حـد در آن هـم نمی‌تـوان اثـری دارای یکپارچگی و تمامیـت تاریخـی، بـا اصالـت تاریخـی یگانـه، قلمـداد نمـود (شـکل۱۲).

همچنین تصاویر ثبت‌شده از یک گلدان منقوش «پرسلینی» که مربوط به شرکت «سور» فرانسه است نکات بسیار جالب توجهی را به ما نشان می‌دهد. این اثر مربوط به اواخر سدهٔ نوزدهم و یا اوایل سدهٔ بیستم میلادی اسـت. تصاویر نقاشی‌شـده بر روی آن به سـبک «روکوکو» اسـت. تصاویر UVF و IRR ثبت‌شـده مداخلـه بسـیار زیاد را در نقاشـی‌های این گلدان سـور نشـان می‌دهـد که این احتمـال را مطرح می‌کند که در دوره‌ای نقاشـی‌های این اثر به هر دلیل تخریب و پس از آن بازسـازی شـده است. از آنجا که میزان این مداخلات بسیار زیاد بوده و اصطلاحاً رو رنگی زیادی ایجاد کرده (احتمالاً در سدهٔ ۱۲هجری)، اصالت اثر دچار خدشه شده است. همچنین باید متذکر این نکته شد که حجم بالای رو رنگی‌ها در بخش‌های شکستگی و بخش‌های آسیب‌دیده این گلدان اطلاعات جالبی را در خصوص نحوهٔ نگهداری و حجم مرمت‌های صورت‌گرفته به ما می‌دهد.



شـکل۱۳. گلدان پرسـلینی شـرکت سـور کـه بـا سـه روش تصویربرداری نـوری عکس‌بـرداری شده است (مأخذ: بایگانی اداره مرمت موسسه فرهنگی موزه‌های بنیاد).

۴- نتیجه‌گیری

همواره در حوزه حفاظت و مرمت آثار هنری و تاریخی و سایر رشته‌های مرتبط همچون باستان‌سنجی و باستان‌شناسی نیازمندی‌هایی برای شناسایی بهتر و دقیق‌تر آثار وجود دارد. ممکن است در این مطالعات تمرکز شما بر روی یک نقاشی باشد که به‌راحتی نمی‌توان آن را از یک موزه و یا گالری جابه‌جا کرد. ممکن است این نقاشی بر روی سقف و دیوارهای یک بنای تاریخی نصب باشد یا در یک خزانه آثار نگهداری شود که امکان خروج آن وجود ندارد. همچنین ممکن است آثار تاریخی در سایت‌ها و بناهای تاریخی مختلف در مکان‌ها و شرایط ویژه وجود داشته باشند که امکان جابه‌جایی و انتقال آنها به آزمایشگاه فراهم نباشد و لاجرم نیازمند مطالعهٔ آزمایشگاهی و آنالیز بر روی چنین آثاری را داشته باشد. در این شرایط بهترین راه، انتقال آزمایشگاه و تجهیزات به محل موردنظر است. این مهم تنها با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی قابل‌حمل و دستی امکان‌پذیر خواهد بود و در این‌صورت است که می‌توان محل نگهداری اثر را به یک آزمایشگاه کوچک اندازه‌گیری تبدیل کرد. بنابراین در بهترین حالت ممکن، استفاده از دستگاه‌های پرتابل و دستی، به‌راحتی می‌تواند آثار هنری و تاریخی بسیار حساس را آنالیز و اطلاعات مورد نظر را در اختیار پژوهشگران قرار دهد. از آنجایی‌که آثار موجود در خزانه‌ها و موزه‌های مؤسسه، بسیار حساس بوده و امکان خروج برای آنها وجود ندارد، دستگاه‌هایی برای مطالعه علمی به کارگاه مرمت و خزانه‌ها انتقال داده شد تا آثار نیازمند بررسی‌های آزمایشگاهی، آزمایش شوند. روش‌های موجود و قابل به‌کارگیری، روش‌های طیف‌سنجی رامان پرتابل (P-Raman)، طیف‌سنجی فلورسانس پرتوی ایکس پرتابل (P-XRF) و روش‌های تصویربرداری نوری (VIS, IRR, IRT, UVF, UVR) بودند. بیشترین اهمیت استفاده این روش‌ها برای پژوهشگران این سطور، غیرمخرب بودن و عدم نیاز به نمونه‌برداری از آثار مورد مطالعه بوده است؛ چراکه نمونه‌های مورد مطالعه و موجود در خزانه مؤسسه، آثار بسیار شاخص و حساسی هستند که نمی‌توان از آنها نمونهٔ مطالعاتی برداشت و به آزمایشگاه انتقال داد. همچنین استفاده از روش‌های غیرمخرب به دیگر پژوهشگران حوزه حفاظت و مرمت آثار تاریخی و باستان‌سنجی به جد توصیه می‌شود. در همین راستا پس از معرفی روش‌ها و اهمیت روش‌های غیرمخرب، برخی از نمونه‌هایی که در آزمایشگاه مرمت آزموده شده، گزارش آنها به‌صورت تفکیک به منظور فهم بیشتر ارائه شده است. تعداد نمونه‌های آنالیزشده با روش‌های فوق بسیار زیاد است اما از آنجایی‌که نمی‌توان گزارش آنالیز تمام آثار را در این پژوهش ارائه نمود، تنها به گزارش برخی از آثار بسنده شده است.

نتایج حاصل از داده‌های به‌دست آمده از به‌کارگیری روش‌های نامبرده، بسیار قابل توجه و مفید بوده است به‌گونه‌ای که تأکید نویسندگان به استفاده از روش‌های غیرمخرب و پرتابل در مطالعهٔ آثار موزه‌ای و هنری است. هدف ما در استفاده از این روش‌ها شناسایی ساختار و مواد به‌کار گرفته شده در راستای

اهداف اصالت‌سنجی آن آثار بوده است؛ چراکه مطالعات فن‌شناسی و ساختارشناسی اثر در کنار سایر حوزه‌های به‌کارگرفته شده در مؤسسه نظیر نظرات کارشناسان خبره دربارهٔ آثار تاریخی و مطالعات تاریخی و تطبیقی که توسط کارشناسان و پژوهشگران چه در داخل مؤسسه و چه در خارج از مؤسسه انجام می‌شود می‌تواند تصمیمات صحیح و جامعی دربارهٔ اصالت و ارزش آثار در اختیار مجموعه قرار بدهد. همچنین سعی شده است که یک نمودار روش‌شناختی برای نیل به فرآیندهای اجرایی این حوزه به‌صورت علمی و سیستماتیک به‌کار بست.

فهرست منابع

1. -Klisińska-Kopacz, A. (2015). Non-destructive characterization of 17th century painted silk banner by the combined use of Raman and XRF portable systems. Journal of Raman Spectroscopy, 46(3), 317321-.
2. Biró, K. T. (2005). Non-destructive research in archaeology. Journal of radioanalytical and nuclear chemistry, 265(2), 235-240.
3. Janssens, K., Vittiglio, G., Deraedt, I., Aerts, A., Vekemans, B., Vincze, L., ... & Snigirev, A. (2000). Use of microscopic XRF for non-destructive analysis in art and archaeometry. X Ray Spectrometry: An International Journal, 29(1), 73-91.
4. Leucci, G. (2019). Nondestructive testing technologies for cultural heritage: Overview. Nondestructive Testing for Archaeology and Cultural Heritage, 15-73.
5. Jaskowska-Lemańska, J., & Przesmycka, E. (2020). Semi-destructive and non-destructive tests of timber structure of various moisture contents. Materials, 14(1), 96.
6. Kloiber, M., Drdácký, M., Machado, J. S., Piazza, M., & Yamaguchi, N. (2015). Prediction of mechanical properties by means of semi-destructive methods: A review. Construction and Building Materials, 101, 1215-1234.
7. Łydżba-Kopczyńska, B., & Madariaga, J. M. (2016). Applications of Raman spectroscopy in art and archaeology. Journal of Raman Spectroscopy, 47(12), 1404-1407.
8. Rosalie David, A., Edwards, H. G. M., Farwell, D. W., & De Faria, D. L. A. (2001). Raman spectroscopic analysis of ancient Egyptian pigments. Archaeometry, 43(4), 461-473.
9. Rizzutto, M. A., Curado, J. F., Bernardes, S., Campos, P. H. O. V., Kajiya, E. A. M., Silva, T. F., ... & Added, N. (2015). Analytical techniques applied to study cultural heritage objects.
10. Longoni, A., Fiorini, C., Leutenegger, P., Sciuti, S., Fronterotta, G., Strüder, L., & Lechner, P. (1998). A portable XRF spectrometer for non-destructive analyses in archaeometry. Nuclear instruments and methods in Physics research Section A: Accelerators, spectrometers, detectors and associated equipment, 409(1-3), 407-409.
11. Wilke, D. (2017). Some updated quality concerns on non-destructive geochemical analysis with XRF spectrometry. Advances in Applied Science Research, 8(2), 90-94.
12. Cosentino, A. (2015). Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination. Conservar Património, (21), 53-62.

13. Pitzalis, D., Cassan, I., Thomas, L., & Gianoncelli, A. (2008, May). Non-destructive analyses for modern paintings: the Russian avant-garde case. In Proceedings 9th International Conference on NDT of Art (ART 2008), Jerusalem, Israel.